

PROSES PEMBUATAN DAN UJI KARAKTERISTIK BIOETANOL DARI BONGGOL POHON PISANG RAJA (*MUSA PARADISIACA*)

Muhammad Khisbul Bakhor

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: muhammad.17050754010@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Jumlah kendaraan yang meningkat menyebabkan meningkatnya kebutuhan bahan bakar. Persentase produksi dan konsumsi bahan bakar di Indonesia berbanding terbalik, hal ini dapat menyebabkan kelangkaan bahan bakar, sehingga perlu dicari energi alternatif untuk mengatasi hal tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berat adsorben (batu zeolit klinoptilolit) yang optimal, karakteristik bioetanol, dan nilai ekonomis. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Variasi berat 6, 7, 8 gram dengan suhu pemanasan zeolit 120°C. Bahan baku bioetanol bonggol pisang, dengan proses sakarifikasi pada suhu 100°C, fermentasi 4 hari, ragi *Saccharomyces cerevisiae* 7 gram, air 1000 ml, bonggol pisang raja 500 gram dan distilasi bertingkat 5 kali pada suhu 78°C dengan adsorben zeolit. Pengujian karakteristik bioetanol mengacu pada standar uji yang telah ditentukan oleh Dirjen EBTKE Nomor 722K/10DJE/2013 dengan tempat pengujian di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya dan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya. Hasil dari penelitian mendapat berat adsorben yang optimal 7 gram dan karakteristik bioetanol 99,66% kadar bioetanol, 0,01% metanol, 0,02% air, 0 mg/l tembaga, 0,01 mg/l asam asetat, tampak jernih tak berwarna, 0,0 mg/l ion klorida, 0,01 mg/l belerang, 0 mg/100 ml kadar getah, nilai kalor 7280,50 kkal/kg, viskositas 1,14 CP sesuai standar yang telah ditentukan, terdapat empat karakteristik yaitu 0,02% denaturan benzoat, titik nyala 10,90°C, titik tuang -10,85°C, dan densitas 0,828 tidak memenuhi standar. Nilai ekonomis Rp. 69.982. Persentase yield 89,02%.

Kata Kunci: bonggol pisang, bioetanol, zeolit, karakteristik

Abstract

*The increasing number of vehicles leads an increase in fuel needs. The percentage of fuel production and consumption in Indonesia is inversely proportional, this can lead fuel scarcity, so alternative energy needs to overcome this. The purpose of this study was to determine the optimal weight of adsorbent (clinoptilolite zeolite), bioethanol characteristics, and economic value. This research is an experimental research. Weight variation 6, 7, 8 grams with zeolite heating temperature of 120°C. Raw material for bioethanol is plantain tuber, with saccharification process at 100°C, fermentation 4 days, yeast *Saccharomyces cerevisiae* 7 gram, 1000 ml water, 500 gram plantain tuber and stratified distillation 5 times at 78°C with adsorbent zeolite. Bioethanol characteristic testing refers to the test standards that have been determined by the Director General of EBTKE Number 722K/10DJE/2013 with testing sites at the Fuel and Lubricant Laboratory of the Department of Mechanical Engineering, Surabaya State University and at the Surabaya Industrial Research and Consulting Center. The results of the study received an optimal adsorbent weight of 7 grams and bioethanol characteristics of 99.66% bioethanol levels, 0.01% methanol, 0.02% water, 0 mg /l copper, 0.01 mg/l acetic acid, colorless clear view, 0.0 mg/l chloride ion, 0.01 mg/l sulfur, 0 mg/100 ml gum content, calorific value 7280.50 kcal/kg, viscosity 1.14 CP according to standards determined, There are four characteristics, namely 0.02% benzoate denaturan, flash point 10.90°C, pour point -10.85°C, and density 0.828 does not meet the standard. The economic value is Rp. 69,982. Yield percentage is 89.02%.*

Keywords: plantain tuber, bioethanol, zeolite, characteristics

PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan pada sektor industri dan transportasi setiap tahunnya meningkat sangat pesat. Menurut data BPS peningkatan paling tinggi terjadi pada jenis kendaraan pribadi sepeda motor pada tahun 2013 berjumlah 84,7 juta unit dan 120,1 juta unit pada tahun 2018. Peningkatan jumlah kendaraan tersebut menyebabkan kebutuhan bahan bakar juga meningkat,

jumlah konsumsi bahan bakar di Indonesia lebih besar dibanding jumlah produksi.

Penggunaan bahan bakar minyak selain mencemari lingkungan juga memiliki ketersediaan yang terbatas, sehingga mengakibatkan kelangkaan energi. Krisis energi dunia merupakan masalah yang sedang dihadapi banyak negara termasuk Indonesia. Masalah ini dapat diatasi dengan upaya pemanfaatan sumber energi

alternatif untuk dijadikan sebagai bahan bakar (Haryono dkk., 2010).

Salah satu bahan bakar alternatif yaitu bioetanol. Bioetanol dapat diproduksi dari tumbuhan melalui proses fermentasi yang dilanjutkan dengan proses distilasi. Jenis tanaman yang potensial menghasilkan bioetanol adalah tanaman yang mengandung karbohidrat tinggi, tanaman bergula, dan tanaman berselulosa.

Bonggol pisang raja memiliki kandungan karbohidrat 11,6% dan 76% pati. Potensi kandungan karbohidrat dan pati bonggol pisang yang besar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif yaitu, bioetanol. Menurut Rakhmawati (2019) bonggol pisang jarang dimanfaatkan dan dibiarkan membusuk menjadi limbah, sehingga diperlukan usaha untuk memanfaatkan bonggol pisang menjadi produk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia seperti diproduksi menjadi bioetanol.

Tabel 1. Kandungan Gizi per 100 gram Bonggol Pisang

No	Kandungan gizi	Bonggol basah	Bonggol kering
1	Kalori (g)	43,00	245,00
2	Protein (g)	0,36	3,40
3	Lemak (g)	0,00	0,00
4	Karbohidrat (g)	11,60	66,20
5	Kalsium (mg)	15,00	60,00
6	Fosfor (mg)	60,00	150,00
7	Zat besi (mg)	0,50	2,00
8	Vitamin A (SI)	0,00	0,00
9	Vitamin B1 (mg)	0,01	0,04
10	Vitamin C (mg)	12,00	4,00
11	Air (g)	86,00	20,00
12	Bagian yang dapat dimakan	100,00	100,00

Sumber: Direktorat Gizi, Depkes RI (1981) dalam Elisabeth (2013)

Pada penelitian ini menggunakan bonggol pisang raja yang difermentasi pada suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$. Perbandingan bonggol dan air, berat ragi, dan waktu fermentasi ditentukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Firmana (2014) yaitu hasil terbaik bonggol 500 gram, air 1000 ml, ragi 7 gram, dan fermentasi 4 hari.

Setelah difermentasi, cairan hasil fermentasi di distilasi. Distilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dengan air dengan menggunakan temperatur 78°C yang merupakan titik didih etanol sehingga pada saat proses distilasi yang menguap terlebih dulu adalah uap bioetanol kemudian diembunkan kembali melalui kondensor.

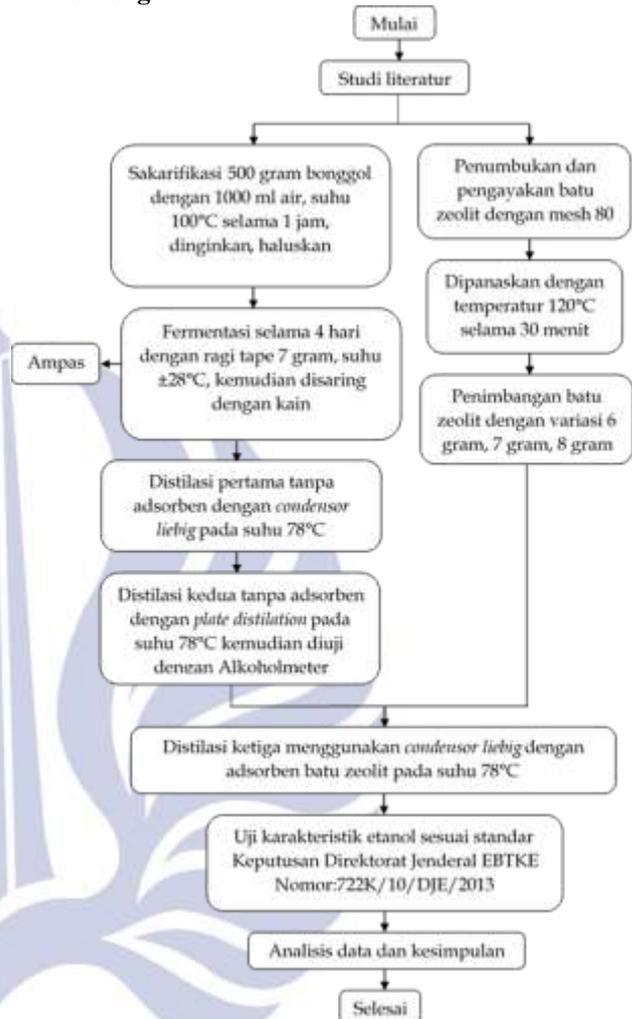
Proses distilasi bertingkat dilakukan untuk meningkatkan kadar bioetanol hingga di atas kadar 95% atau memenuhi standar. Agar kadar etanol yang dihasilkan lebih optimal, maka pada proses distilasi ketiga menggunakan batu zeolit mesh 80 sebagai adsorben dengan variasi berat 6, 7, dan 8 gram.

Tujuan penelitian ini untuk menganalisis jumlah zeolit yang efektif pada saat distilasi dengan variasi adsorben 6, 7, dan 8 gram, menganalisis karakteristik bioetanol bonggol berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi Nomor

722K/DJE/2013, menganalisis kelayakan ekonomis, dan menganalisis persentase *yield* yang dihasilkan.

METODE PENELITIAN

➤ Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

➤ Tempat Penelitian

Proses pembuatan bioetanol bonggol dilakukan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya. Pengujian karakteristik bioetanol dilakukan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya.

➤ Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai September 2021.

Variabel Penelitian

Variable penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah:

➤ Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi berat batu zeolit 6, 7, dan 8 gram.

➤ Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar etanol, metanol, kadar air, denaturan, tembaga, keasaman, tampakan, ion klorida, kandungan belerang

(S), kadar getah (gum), nilai kalor, titik nyala, titik tuang, densitas, dan viskositas.

➤ **Variabel Kontrol**

Variable kontrol penelitian ini adalah bahan baku bioetanol yaitu bonggol pisang raja 500 gram, adsorben yang digunakan yaitu batu zeolit klinoptilolit mesh 80 dengan suhu pemanasan 120°C selama 30 menit, Perbandingan bonggol pisang dengan air 1 : 2, Proses fermentasi selama 4 hari suhu ± 28°C dengan ragi 7 gram, dan suhu distilasi 78 °C.

Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

➤ **Alat Penelitian**

- Kompor listrik 300 watt sebagai pemanas distilasi
- Statif klem sebagai penyangga kondensor *liebigh*
- *Filter crucible* sebagai tempat adsorben saat proses distilasi menggunakan adsorben
- Wadah penampung air dan es batu
- Pompa aquarium untuk memompa air pendingin dari wadah air ke kondensor
- Selang air untuk jalan mengalirkan air pendingin
- Jerigen kapasitas 5 liter untuk wadah fermentasi
- Alat penumbuk untuk menghaluskan bonggol
- Saringan 80 mesh untuk menyaring zeolit
- Labu distilasi 1000 ml sebagai wadah cairan distilasi



Gambar 2. Labu Distilasi

- *Bend Connector* sebagai penghubung saluran uap bioetanol dari labu distilasi masuk ke kondensor



Gambar 3. *Bend Connector*

- *Condensor liebigh* sebagai pendingin uap distilasi



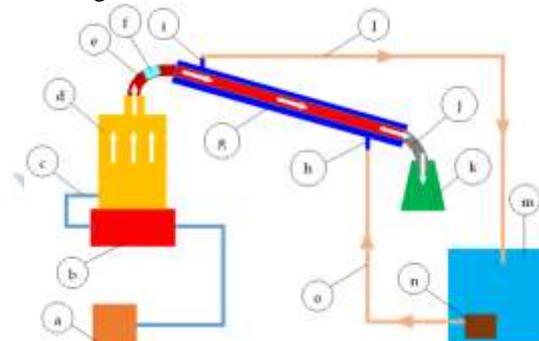
Gambar 4. *Condensor Liebigh*

- Elenmeyer 250 ml untuk wadah tetesan cairan hasil distilasi



Gambar 5. Erlenmeyer

- Rangkaian Alat Distilasi



Gambar 6. Rangkaian Alat Distilasi

Keterangan:

- | | |
|----------------------|---------------|
| a. Thermocontrole | i. Lubang Out |
| b. Pemanas Listrik | j. Bend Tube |
| c. Thermocouple | k. Erlenmeyer |
| d. Labu Distilasi | l. Selang Out |
| e. Bend Connector | m. Ember |
| f. Filter Crucible | n. Pompa Air |
| g. Condensor Liebigh | o. Selang In |
| h. Lubang In | |

➤ **Bahan Penelitian**

- Bonggol pisang raja



Gambar 7. Bonggol Pisang Raja

- Ragi tape



Gambar 8. Ragi Tape

- Air dan es batu
- Batu zeolit



Gambar 9. Batu Zeolit

- Gemuk (*grease*)
- Instrumen Penelitian
- Timbangan digital kapasitas 5 kg, ketelitian 0,01 gr



Gambar 10. Timbangan Digital

- Gelas *beaker* kapasitas 1 liter, merk PYREX



Gambar 11. Gelas *Beaker*

- Gelas Ukur 1000 ml merk PYREX



Gambar 12. Gelas Ukur

- Alkoholmeter untuk mengukur kadar etanol



Gambar 13. Alkoholmeter

- *Thermocontrol* untuk mengontrol suhu distilasi agar tetap terjaga pada 78°C



Gambar 14. *Thermocontrol*

- *Thermocouple* untuk mendeteksi suhu dalam labu



Gambar 15. *Thermocouple*

- *Alcoholmeter* dan *Piknometer* (ASTM D5501) uji kadar etanol
- *Spectrometry UV-Vis* (ASTM D5501) uji kadar metanol
- *Aquametry* (ASTM D1744) uji kadar air
- *Spectrometry UV-Vis* (ASTM D7304) uji kadar denaturan
- *Atomic Absorbtion Spectroscopy* (ASTM D1688) uji kadar tembaga
- *Potentiometric Tritation* (ASTM D1613) uji keasaman asetat
- *Spektrofotometer*, Pipet buret dan erlenmeyer (ASTM D512) uji kadar ion klorida
- *Sulfur Analyzer* (ASTM D2622) uji kandungan belerang
- *Spektrometer UV* (ASTM D381) uji kadar getah purwa
- *Bomb Calorimeter* (ASTM D240) uji nilai kalor
- *Flash Point Tester* (ASTM D93) uji titik nyala
- *Refrigerator SR-N21H* (ASTM D1177) uji titik tuang
- *Piknometer* (ASTM D1298) uji densitas
- *Viscometry* (ASTM D445) uji viskositas

Prosedur Penelitian

- Tahap Persiapan
 - Menyiapkan bahan baku bonggol, alat, dan instrumen penelitian.
 - Menimbang bonggol dan ragi.
- Tahap Sakarifikasi
 - Menidihkan bonggol 500 gram dan air di dalam panci selama 1 jam lalu biarkan dingin dan menghaluskan hingga jadi bubuk/ hingga halus.
- Tahap Fermentasi
 - Masukkan bubuk bonggol 500 gram, air 1000 ml, ragi 7 gram ke dalam jirigen kemudian tutup rapat dan kocok hingga tercampur rata.
 - Fermentasi selama 4 hari, saring hasil fermentasi, ambil cairan hasil fermentasi.
- Tahap Penyiapan Adsorben Zeolit
 - Menghancurkan zeolit, saring dengan mesh 80 dan panaskan dengan suhu 120°C selama 30 menit.
 - Menimbang batu dengan variasi 6, 7, dan 8 gram.
- Tahap Distilasi
 - Menyiapkan dan memasang alat distilasi, cairan hasil fermentasi dimasukkan ke labu distilasi.
 - Proses distilasi menggunakan suhu 78°C dan pendingin air es melewati kondensor.

- Setelah didapatkan hasil distilasi pertama kemudian diukur dengan alkoholmeter.
- Langkah selanjutnya melakukan distilasi kedua dengan kondensor *liebig*, ukur hasilnya.
- Melakukan distilasi ketiga dengan variasi berat adsorben 6, 7 dan 8 gram untuk mengetahui berat yang optimal, Memasukkan adsorben ke dalam *filter crucible*.
- Setelah diketahui berat adsorben optimal, gunakan berat adsorben tersebut untuk proses distilasi keempat dan kelima hingga kadar etanol mencapai >95%, proses distilasi selesai.

➤ Perhitungan % Yield

Setelah dilakukan proses distilasi perlu dilakukan perhitungan *yield* untuk mengetahui keekonomisan dari penelitian ini. Berikut adalah cara menghitung *yield*:

$$\% \text{ yield} = \frac{V_2}{V_1} \times 100\%$$

Dimana V1 adalah Volume awal bioetanol dalam labu dan V2 adalah Volume hasil bioetanol dalam erlenmeyer.

➤ Perhitungan Ekonomis

Perhitungan ekonomis dilakukan untuk mengetahui harga 1 liter bioetanol bonggol. Beberapa hal yang dihitung adalah biaya listrik, biaya bahan baku, dan bahan pendukung.

Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan percobaan terhadap objek yang akan diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Setelah itu, dilakukan pengujian karakteristik dari bioetanol di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya (pengujian kadar etanol dan densitas). Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya (pengujian kadar etanol, metanol, kadar air, kadar denaturan, tembaga, keasaman sebagai asam asetat, tampilkan, kadar ion klorida, kandungan belerang, kadar getah purwa, nilai kalor, titik nyala, titik tuang, dan viskositas).

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode diskriptif kuantitatif untuk menganalisis hasil yang berupa tabel, dan metode diskriptif kualitatif untuk menganalisis hasil yang berupa grafik dengan mengumpulkan data atau informasi dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian dan Pembahasan

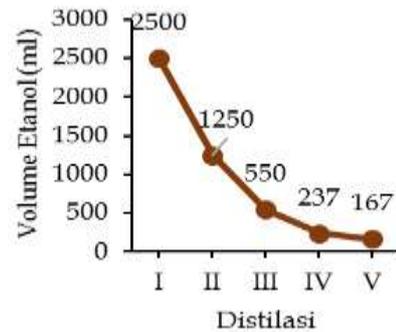
- Volume dan kenaikan kadar bioetanol hasil distilasi bertingkat

Mulai dari volume hasil fermentasi 5000 ml kemudian masuk proses distilasi bertingkat, berikut adalah tabel volume dan kenaikan kadar bioetanol hasil distilasi bertingkat:

Tabel 2. Volume dan Kenaikan Kadar Etanol Hasil Distilasi Bertingkat

No	Distilasi ke-	Volume Bioetanol (ml)	Kadar Bioetanol (%)
1	I	2500	11
2	II	1250	43
3	III	550	87
4	IV	237	95
5	V	167	99,66

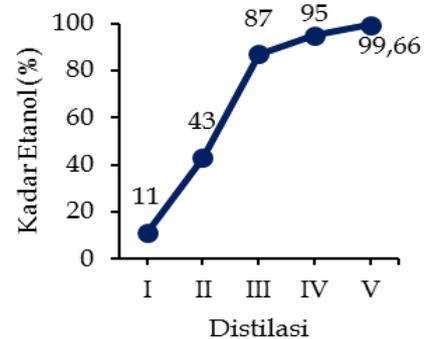
Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat dibuat grafik seperti berikut:



Gambar 16. Grafik Volume Bioetanol Hasil Distilasi Bertingkat

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 16 di atas menunjukkan bahwa pada distilasi pertama menghasilkan bioetanol 2500 ml dan pada distilasi kelima volume menjadi 167 ml. Pada penelitian ini semakin tinggi tingkat distilasi maka volume bioetanol yang dihasilkan semakin berkurang.

Volume yang semakin berkurang karena setiap tingkat distilasi menggunakan temperatur 78°C yang merupakan titik didih alkohol sehingga yang menguap/ diambil hanya kandungan bioetanol saja, meskipun masih ada beberapa kandungan air yang ikut menguap bercampur dengan uap bioetanol dikarenakan keterbatasan alat distilasi.



Gambar 17. Grafik Persentase Kenaikan Kadar Bioetanol Hasil Distilasi Bertingkat

Berdasarkan tabel 2, gambar 16, dan gambar 17 menunjukkan bahwa pada distilasi ketiga kadar bioetanol meningkat secara signifikan dari kadar etanol 43% 1250 ml menjadi 87% volume 550 ml, untuk mencapai kadar 99,66% perlu 5 kali distilasi.

Peningkatan kadar etanol yang signifikan disebabkan pada distilasi ketiga menggunakan adsorben zeolit klinoptilolit pada *filter crucible* untuk meningkatkan kadar etanol dengan cara menyerap kandungan air pada uap distilasi, pada distilasi

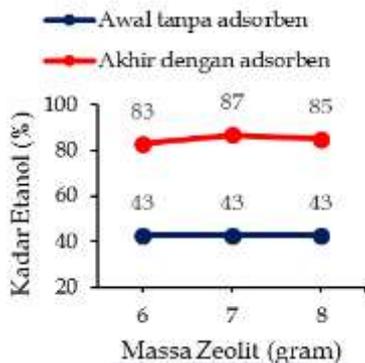
pertama dan kedua tidak menggunakan adsorben sedangkan distilasi ketiga, hingga distilasi kelima menggunakan batu zeolit sebagai adsorben.

➤ Proses pemurnian dengan adsorben batu zeolit

Hasil penelitian variasi berat adsorben terbaik yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Variasi Berat Zeolit Terhadap Kadar Etanol

No	Berat Zeolit (gr)	Awal tanpa adsorben	Hasil dengan adsorben
		Kadar Etanol	Kadar Etanol
1	6	43%	83%
2	7	43%	87%
3	8	43%	85%



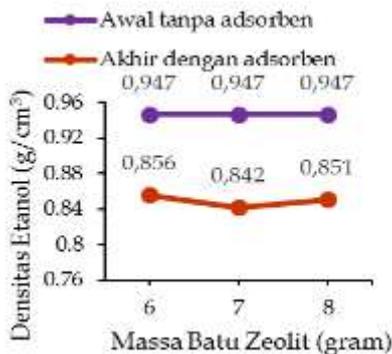
Gambar 18. Grafik Kadar Etanol Hasil Pemurnian Bioetanol Dengan Adsorben Zeolit

Pada Tabel 3 dan gambar 18 menunjukkan kadar etanol meningkat, peningkatan optimal saat 7 gram 87%, tetapi pada 8 gram menurun menjadi 85%.

Hal tersebut dikarenakan saat zeolit 8 gram berat zeolit dalam *filter crucible* terlalu banyak sehingga membuat tekanan distilasi menjadi besar dan menyebabkan kebocoran pada sambungan *bend* konektor dengan labu distilasi dan sebagian terperangkap dalam zeolit karena zeolit memiliki sifat polar yang dapat menyerap air dan etanol.

Tabel 4. Variasi Berat Zeolit Terhadap Densitas Bioetanol

No	Berat Zeolit (gr)	Awal tanpa adsorben	Hasil dengan adsorben
		Densitas Etanol	Densitas Etanol
1	6	0,947 gr/cm ³	0,856 gr/cm ³
2	7	0,947 gr/cm ³	0,842 gr/cm ³
3	8	0,947 gr/cm ³	0,851 gr/cm ³



Gambar 19. Grafik Densitas Etanol Hasil Pemurnian Bioetanol Dengan Adsorben Zeolit

Berdasarkan tabel 4 dan gambar 19 diketahui densitas menurun setelah distilasi menggunakan variasi massa adsorben zeolit, penurunan paling optimal pada adsorben 7 gram yaitu 0,842 g/cm³.

Semakin rendah nilai densitasnya maka semakin tinggi nilai kadar etanolnya. Karena semakin tinggi kadar airnya maka semakin tinggi nilai densitasnya hingga mendekati nilai densitas air.

➤ Karakteristik bioetanol bonggol pisang

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik bioetanol bonggol dapat ditunjukkan pada tabel:

Tabel 5. Hasil Uji Karakteristik Bioetanol Bonggol

No	Parameter Uji	Standar Bioetanol	Hasil Uji
1.	Kadar etanol	99,5 (setelah didenaturasi dengan <i>denatorium benzoat</i>), min	99,66% (**)
2.	Kadar metanol	0,5%, maks	0,01% (**)
3.	Kadar air	0,7%, maks	0,02% (**)
4.	Kadar denaturan	4 – 10% mg/l	0,02% (**)
5.	Kadar tembaga (Cu)	0,1 mg/l, maks	0 mg/l, maks
6.	Keasaman asam asetat	30 mg/l, maks	0,01 mg/l
7.	Tampakan	Jernih, tidak ada endapan dan kotoran	Jernih tak berwarna (**)
8.	Kadar ion klorida (Cl)	20 mg/l, maks	0,0 mg/l (**)
9.	Kandungan belerang (S)	50 mg/l, maks	0,01 mg/l, maks
10.	Kadar getah purwa	5,0 mg/100 ml, maks	0 mg/100 ml, maks

• Kadar Etanol

Pengujian kadar bioetanol bonggol pisang ini menggunakan metode AOAC (*Association of official Analytical chemist*), diperoleh kadar bioetanol sebesar 99,66%. Hal ini menunjukkan bahwa bioetanol bonggol telah memenuhi Standar Dirjen EBTKE Nomor. 722K/ 10/DJE/2013.

• Kadar Metanol

Pengujian ini menggunakan metode *Spectrometry UV-Vis*, diperoleh kadar metanol sebesar 0,01% dengan standar yang ada yaitu 0,5% maks. Dibandingkan dengan Standar Dirjen EBTKE Nomor. 722K/10/DJE/2013 bioetanol bonggol ini lebih rendah sehingga berisiko kecil pada terjadinya korosi dan lebih bagus dalam proses pembakaran bahan bakar.

• Kadar Air

Pengujian kadar air menggunakan instrumen *Aquametry*, Kadar air dalam bahan bakar berpengaruh pada kemudahan bahan bakar untuk menyala, kecepatan penjalaran api, dan kecepatan proses pembakaran, kadar air bioetanol bonggol sebesar 0,02% dengan standarnya 0,7% maks.

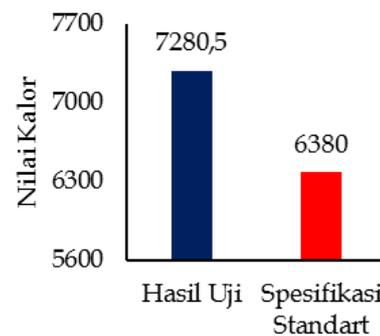
- **Kadar Denaturan**
Pengujian ini menggunakan instrumen *Spectrometry UV-Vis* diketahui kadar denaturan bioetanol bonggol bernilai 0,02% sedangkan rentang yang ditentukan yaitu 4-10%. Sehingga tidak memenuhi standar.
- **Kadar Tembaga**
Pengujian ini dengan instrumen *Atomic Absorption Spectroscopy*. Pada tabel 5 dapat dilihat bahwa kandungan tembaga bioetanol bonggol 0 mg/l, maks yang artinya telah memenuhi standar yaitu 0,1 mg/l, maks. Kadar tembaga dalam bioetanol muncul dari fermentasi sampai distilasi yang memakai alat logam, saat distilasi dengan suhu tinggi logam ukuran sangat kecil bisa terlarut di dalam etanol.
- **Keasaman sebagai Asam Asetat**
Menggunakan instrumen *Potentiometric Titration*, Dari tabel 5 dapat dilihat nilai keasamaan asam asetat bioetanol bonggol sebesar 0,01 mg/l, maks dan standar 30 mg/ l. Dapat disimpulkan kandungan asam asetat bioetanol bonggol lebih rendah dari standar sehingga lebih aman dari korosi pada dinding silinder jika digunakan sebagai bahan bakar motor.
- **Tampakan**
Hasil uji tampakan bioetanol yaitu jernih tidak berwarna, dari tampakan bisa dilihat apakah ada endapan dan kotoran dari bahan bakar tersebut, jika ada kotoran maka akan menyumbat saluran bahan bakar dan akan menjadi deposit apabila masuk ke dalam ruang bakar dan ikut terbakar.
- **Kadar Ion Klorida**
Kadar ion klorida sangat mempengaruhi kualitas bahan bakar karena bersifat sangat korosif dan dapat menurunkan performa mesin karena ion klorida akan masuk ke dalam pori-pori logam dan bereaksi dengan logam yang bisa menimbulkan korosi di ruang bakar. Pengujian ini menggunakan *Spektrofotometer*, pipet buret dan erlenmeyer, Dari tabel 5 dapat dilihat kadar ion klorida pada bioetanol bonggol pohon pisang yaitu 0,0 mg/l.
- **Kandungan Belerang**
Apabila kandungan sulfur dalam bahan bakar tinggi maka akan terjadi kerusakan dikarenakan terbentuknya lapisan kerak pada ruang bakar *intake manifold*, tangki, dan pipa pembuangan. Pengujian menggunakan *Sulfur Analyzer*. Pada tabel 5 dapat dilihat nilai kadar belerang bioetanol bonggol adalah 0,01 mg/l, maks dan pada standar tertera 50 mg/l sehingga memenuhi standar.
- **Kadar Getah Purwa**
Kadar getah mempunyai pengaruh pada pembakaran. Kandungan getah pada bahan bakar akan menjadi deposit dan menempel pada ruang bakar setelah terjadi pembakaran dan berakibat naiknya nilai kompresi pada ruang bakar. Pengujian kadar getah menggunakan instrumen *Spektrometer UV*, pada tabel 5 menunjukkan kadar getah bioetanol bonggol lebih rendah dari

bioetanol murni yaitu 0 mg/100 ml, maks, sedangkan untuk bioetanol murni 5,0 mg/100 ml, maks. masih dalam ambang batas standar.

Tabel 6. Hasil Uji Karakteristik Tambahan Bioetanol Bonggol Pisang

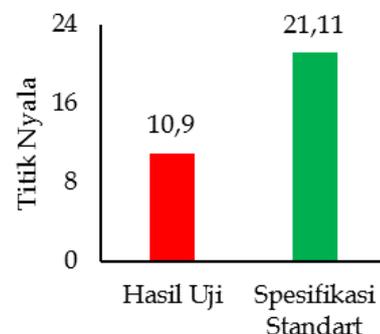
Parameter	Hasil Uji	Metode Uji	Spesifikasi Standart
Nilai Kalor	7280,50 (**)	ASTM D240	6380 kkal/kg
Titik Nyala	10,90 (**)	ASTM D93	21,11°C
Titik Tuang	-10,85 (**)	ASTM D1177	-17,2°C
Densitas	0,828 (**)	ASTM D1298	0,789 g/cm ³
Viskositas	1,14 (**)	ASTM D445	1,17 CP

Berdasarkan data tabel 6 di atas, maka dapat dibuat diagram batang dalam gambar 20 hingga gambar 24 sebagai berikut:



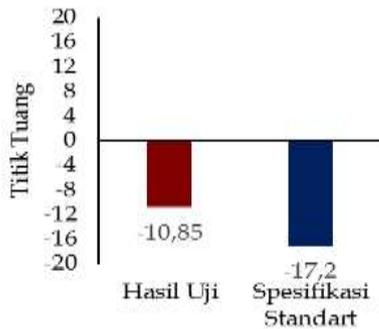
Gambar 20. Hasil Eksperimen dan Standart Mutu Nilai Kalor Bioetanol Bonggol

Nilai kalor bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalor maka semakin sedikit pemakaian bahan bakar. Pengujian menggunakan *Bomb Calorimeter*. Pada tabel 6 dan gambar 20 menunjukkan bahwa nilai kalor pada bioetanol bonggol sebesar 7280,50 kkal/kg.



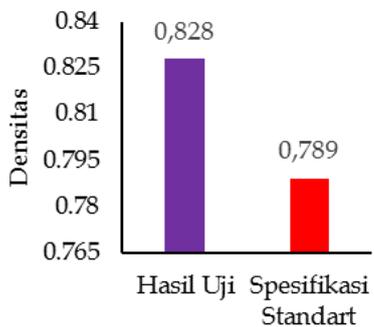
Gambar 21. Hasil Eksperimen dan Standart Mutu Titik Nyala Bioetanol Bonggol

Titik nyala adalah temperatur terendah dari suatu bahan bakar untuk dapat diubah bentuk menjadi uap dan akan menyala jika tersentuh api. Pengujian dengan *Flash Point Tester*. Pada tabel 6 dan gambar 21 dapat diketahui titik nyala bioetanol bonggol lebih rendah dari etanol murni yaitu 10,90°C.



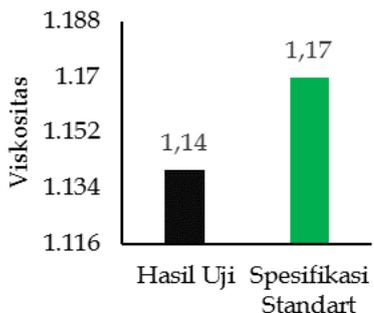
Gambar 22. Hasil Eksperimen dan Standart Mutu Titik Tuang Bioetanol Bonggol

Titik beku menunjukkan suhu di mana bahan bakar masih dapat dipompa atau mengalir apabila didinginkan pada suhu tertentu. Pengujian menggunakan instrumen *Refrigerator SR-N21H* dengan mendinginkan bioetanol sampai tidak dapat mengalir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai titik beku bioetanol bonggol yaitu $-10,85^{\circ}\text{C}$. Jadi bioetanol bonggol memiliki titik tuang tidak memenuhi standar etanol murni tapi masih dapat digunakan pada daerah bertemperatur 0°C .



Gambar 23. Hasil Eksperimen dan Standart Mutu Densitas Bioetanol Bonggol

Densitas adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat air dalam volume yang sama dengan suhu yang sama 15°C . Pengujian menggunakan instrumen *piknometer* diperoleh hasil sebesar $0,828\text{ g/cm}^3$ sedangkan densitas bioetanol murni $0,789\text{ g/cm}^3$. Semakin kecil nilai densitas etanol maka semakin baik kualitasnya.



Gambar 24. Hasil Eksperimen dan Standart Mutu Viskositas Bioetanol Bonggol

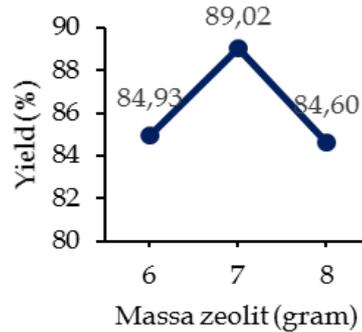
Cara mengukur viskositas dengan cara menghitung lama waktu mengalirnya suatu minyak yang banyaknya telah ditentukan melalui lubang *Viscometer*. Pada tabel 6 dan gambar 24 viskositas

dari bioetanol bonggol adalah 1,14 CP pada temperatur pengujian 15°C , sedangkan etanol murni viskositas 1,17 CP.

➤ Perhitungan % Yield

Hasil distilasi bertingkat pembuatan bioetanol mulai dari fermentasi 2 Kg bonggol selama 4 hari, 28 gr ragi, dan 4000 ml air menghasilkan 5000 ml cairan fermentasi kemudian didistilasi menghasilkan 167 ml dengan kadar 99,66%. Sehingga dalam 1 Kg bonggol dapat menghasilkan bioetanol kadar 99,66% sebanyak kurang lebih 83 ml berdasarkan perhitungan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Bonggol } 2000 \text{ gram} &= 167 \text{ ml} \\ \text{Bonggol } 1000 \text{ gram} &= \dots \text{ ml} \\ 2000 \text{ gram} \times \dots \text{ ml} &= 1000 \text{ gram} \times 167 \text{ ml} \\ X \text{ ml} &= \frac{1000 \text{ gram} \times 167 \text{ ml}}{2000 \text{ gram}} \\ &= 83 \text{ ml} \end{aligned}$$



Gambar 25. % Yield distilasi ketiga dengan adsorben Berdasarkan gambar 25 dapat diketahui untuk distilasi ketiga % yield tertinggi didapat pada zeolit 7 gram yaitu yield 89,02%.

➤ Perhitungan Nilai Ekonomis Bioetanol

Tabel 7. Perhitungan Nilai Ekonomis Bioetanol

No	Komponen	Daya & Massa	Waktu (Jam)	Biaya /jam	Harga
1	Pemanas 1 (2, 3, 4, 5)	300 Watt	2+1+1+1	Rp. 406	Rp. 2.030
2	Pemanas 2 (1)	1200 Watt	4	Rp. 1.626	Rp. 6.504
3	Blender	230 Watt	1	Rp. 311	Rp. 311
4	Ragi	28 gr		Rp. 94	Rp. 2.632
5	Zeolit	21 gr		Rp. 10	Rp. 210
Total					Rp. 11.687

Berdasarkan tabel 7 dapat diketahui untuk menghasilkan 167 kadar 99,66% membutuhkan biaya produksi Rp. 11.687. Untuk harga per liter adalah:

$$\frac{1000 \text{ ml}}{167 \text{ ml}} \times \text{Rp. } 11.687 = \text{Rp. } 69.982$$

Lebih mahal dibandingkan dengan harga di pasaran Rp. 30.000 sampai Rp. 50.000 per liter.

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian produksi bioetanol bonggol pohon pisang raja ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Keberhasilan alat distilasi *condensor liebig* dapat menghasilkan kadar etanol melebihi standar. Kadar etanol optimal diperoleh pada adsorben 7 gram

yaitu kadar awal 43% meningkat menjadi 87%, 83% (6 gram), dan 85% (8 gram). Saat distilasi ketiga menggunakan adsorben 8 gram uap etanol ikut terserap adsorben karena sifat polar zeolit. Kadar etanol pada distilasi keempat 95% dan distilasi kelima 99,66% sehingga memenuhi Standar Dirjen EBTKE Nomor. 722K/10/DJE/2013.

- Hasil pengujian karakteristik dari bioetanol bonggol adalah, 99,66% kadar bioetanol, 0,01% metanol, 0,02% air, 0,02% denaturan benzoat, 0 mg/l tembaga, 0,01 mg/l asam asetat, tampakan jernih tak berwarna, 0,0 mg/l ion klorida, 0,01 mg/l belerang, 0 mg/100 ml kadar getah, nilai kalor 7280,50 kkal/kg, titik nyala 10,90°C, titik tuang -10,85°C, densitas 0,828, viskositas 1,14 CP. Terdapat 4 karakteristik yang tidak memenuhi standar mutu yaitu kadar denaturan, densitas, titik nyala, dan titik tuang yang sedikit di bawah standar.
- Bioetanol bonggol pohon pisang raja belum layak secara ekonomis. Karena biaya pembuatan bioetanol bonggol pohon pisang raja lebih mahal yaitu Rp. 69.982 per liter dibandingkan bioetanol yang dijual di pasaran Rp. 30.000 sampai Rp. 50.000 per liter.
- Persentase *yield* optimal 89,02% diperoleh pada distilasi ketiga dengan variasi zeolit 7 gram kadar etanol 87% 550 ml, *yield* distilasi keempat 47,05% (7 gram) dan distilasi kelima 73,92% (7 gram).

Saran

- Bonggol pohon pisang sebaiknya tidak disimpan terlalu lama agar hasil bioetanol yang dihasilkan dapat lebih baik, jika disimpan lama bonggol akan berjamur.
- Saat pemasangan alat distilasi perlu dipastikan bahwa tidak ada celah antara sambungan agar mengurangi tingkat kebocoran. Kebocoran biasanya terjadi pada sambungan labu dengan *bend connector*, dan sambungan *bend connector* dengan kondensor.
- Proses penimbangan adsorben zeolit sebaiknya dilakukan setelah proses pemanasan zeolit agar berat yang ditimbang murni dari berat zeolit itu sendiri/ zeolit kadar air rendah.
- Pada saat proses distilasi sebaiknya proses pemanasan menggunakan arang untuk menurunkan biaya produksi bioetanol.
- Perlu dilakukan desain ulang pada alat distilasi ukuran besar karena masih belum ada penempatan untuk adsorben di dalam *plate distillation* sehingga sulit menaikkan kadar bioetanol.
- Karena alat ukur yang terbatas, kumpulkan hasil distilasi 100 ml untuk mengukur kadar etanol yang memiliki kadar di atas 95%.
- Apabila dilakukan penelitian lanjutan, gunakan bahan baku bonggol kering karena mempunyai kandungan karbohidrat yang lebih tinggi yaitu 66,20% per 100 gram bahan.

- Sebaiknya *filter crucible* selalu dibersihkan setelah dipakai pada distilasi agar sisa adsorben zeolit tidak melekat pada *filter* dan akhirnya tersumbat, jika *filter* telah tersumbat maka resiko kebocoran akan semakin tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis. Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin. Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Dr. Drs. Muhaji, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. I Wayan Susila, M.T. selaku dosen penguji 1, Bellina Yunitasari, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji 2, teman-teman TM 2017, rekan-rekan Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas yang sudah memberikan semangat dan motivasi, serta pak Munadjim yang telah membantu proses pengujian dan memberi penjelasan tentang tata cara penggunaan instrumen uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiyanti. *Masyarakat Diminta Hemat BBM, Indonesia Rawan Krisis Energi*, (Online), <https://m.cnnindonesia.com/ekonomi/20170831094512-85-238566/masyarakat-diminta-hemat-bbm-indonesia-rawan-krisis-energi>, diakses 2 Maret 2020.
- BPS. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018*, (Online), <http://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>, diakses 6 april 2020.
- Direktorat Bioenergi., Direktorat Jenderal EBTKEi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. *Standar Mutu (spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Lain Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri*. Jakarta.
- Firmana A.A.N., Tjahjani Siti, *Karakterisasi Hasil dan Penentuan Laju Reaksi Fermentasi Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*) Menjadi Etanol dengan *Saccharomyces cerevisiae**, UNESA Journal Of Chemistry, 2014: 3(3):21-26.
- Haryono, Kurniawan, R., Nurhayani, A., & Soviyani, D. A. (2010). Pembuatan bioetanol dari bahan berbasis selulosa. *Jurnal Institut Nasional*, 2(4), 1-7.
- Lestari. 2010. *Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara*. Yogyakarta. Juedik Kimia UNY.
- Mockovč'aková, A., M. Matik., Z. Orolí'nova', P. Hudec., & E. Kmecova. 2007. Structural characteristics of modified natural zeolite. *J. Porous Mater.*
- Nasrun (2005), *Studi Pemakaian Zeolit untuk Meningkatkan Performansi Membran*, Prosiding National Conference On Chemical Engineering Science and Applications (ChESA) 2005, Universitas Syiah Kuala, 83 – 9.
- Novitasari, D., Kusumaningrum, D. 2012. *Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Adsorbsi dan Distilasi Adsorbsi dengan Adsorbent Zeolit*.

- Semarang: Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vol. 1, No. 1, Tahun 2012, Hal 534-539.
- Prihandana, R., Noerwijari, Adinurani, Setyaningsih, Setiadi dan Hendroko. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Rakhmawati, *Pemanfaatan Bonggol Pisang Sebagai Stick Nugget Untuk Peningkatan Gizi Masyarakat Desa Soket Laok Tragah Kabupaten Bnagkalan*, Jurnal Ilmiah Pangabdhi, 2019: 5(1) 45-49.
- Slametryadi, I. K. (1996). *Pemanfaatan limbah bonggol pisang sebagai bahan baku pembuatan etanol*. Jurusan Pendidikan MIPA. Universitas Tadulako.
- Subagjo. 1993. *Zeolit: Struktur dan Sifat-sifat*. Warta Insinyur Kimia 3.
- Sunarto, Sulistyani, Marwati, S., *Pemanfaatan limbah bonggol pisang sebagai bahan baku pembuatan bioetanol*, *J. Sains Dasar*, 2013 : 2(1) 48 – 52.
- Warsa, I. W., Septiyani, F., & Lisna, C. (2013). *Bioetanol dari bonggol pohon pisang*. Surabaya: *Jurnal Teknik Kimia*, 8(1), 37-41 UPN Veteran Jawa Timur.
- Yuanita, Voni, Rahmawati, & Yulia. (2008). *Pabrik sorbitol dari bonggol pisang (musa paradisiaca) dengan proses hidrogenasi katalitik*. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 1(1), 1-3.

